

# Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## Espelho Inteligente

Mateus Silva Lucas de Moraes William de Moraes Chakur

**Abstract:** The article below presents a device developed for everyday use. The project aims to bring practicality and modernity to the residential environment. To achieve this, an integration was made between an item that every household has—the mirror—and a computer. In this document, we will provide a brief introduction to smart objects and focus on the procedure for building the Smart Mirror.

**Resumo:** O artigo abaixo apresenta um dispositivo desenvolvido para uso cotidiano. O projeto busca trazer praticidade e modernidade ao ambiente residencial. Para isso, foi feita a integração entre um item que todas as casas possuem, o espelho, e um computador. Neste documento, veremos uma breve introdução aos objetos inteligentes e, como foco, o procedimento para a construção do Espelho Inteligente.

*Keywords:* Smart Mirror; Raspberry Pi; Sensor; Internet of Things; Human detection

*Palavras-chaves:* Espelho Inteligente; Raspberry Pi; Internet das Coisas; Detecção Humana

### 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento na busca por novas tecnologias que possam ser integradas no ambiente residencial como vemos em alguns estudos como Guderian (2019) que mostra uma tendência de crescimento na quantidade de tecnologias de casas inteligentes sendo patenteadas, ou seja, mais empresas buscam investir no setor, outra pesquisa feita em 2018 reforça ainda mais que esses dispositivos se tornam a cada ano mais relevantes no mercado, segundo o estudo da Growth From Knowledge(Gfk) 58% dos consumidores norte americanos acredita que as tecnologias Smart Home vão mudar suas vidas nos próximos anos, além disso nós traz dados interessantes como a porcentagem de consumidores dos Estados Unidos que já possuem esses dispositivos, cerca de 27% possuem mais de três dispositivos, 7% dois ou três e 50% possui pelo menos um, isso mostra que apenas 16% dos consumidores ainda não entraram nesse mercado de dispositivos inteligentes como vemos na figura 1. Sabendo disso o projeto busca produzir um dispositivo inteligente com duas utilidades que podem ser utilizadas em conjunto, a ideia é trazer mais funcionalidades para o espelho de casas e apartamentos. Assim sendo, o projeto traz uma variedade de funcionalidades, como visualização de data, horário, temperatura e integração de APIs que trazem notícias, mercado de ações, esportes e versículos. A principal funcionalidade desenvolvida é a assistente virtual, que tem por objetivo interagir com o usuário para facilitar o uso do espelho, podendo conversar sobre diversos assuntos e ajudar a navegar pelas funcionalidades do Espelho Inteligente.

### 2. TRABALHOS RELACIONADOS

O projeto apresentado a seguir foi idealizado a partir de artigos do mesmo escopo, Yusri et al. (2017) traz um estudo sobre Internet das Coisas(IoT) mostrando um projeto de Espelho Inteligente que utiliza esse conceito e mostra sua utilidade no dia a dia do usuário, como

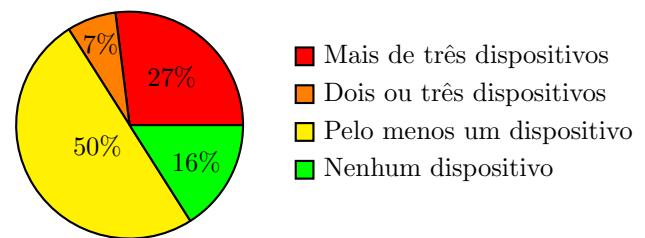


Figura 1. Porcentagem de consumidores dos EUA com dispositivos Smart Home

acessar dados em tempo real e controlar outros dispositivos da casa por meio de comandos de voz, os autores ainda trazem dados sobre o crescimento da busca por casas inteligentes, por fim eles trazem uma reflexão sobre a privacidade dos dados em dispositivos IoT e sobre o potencial de Inteligencia Artificial em casas inteligentes. Dambre et al. esse projeto serviu de inspiração para a decisão do hardware utilizado, nele foi utilizado um Raspberry pi 3, o qual teve uma boa performance com um software que tanto fornece dados em tempo real quanto disponibiliza uma interface de usuário diversas funcionalidades, outro ponto de interesse nesse trabalho foi o uso de reconhecimento facial para liberar acesso ao usuário, o que traz uma camada de segurança para o dispositivo.

### 3. ESPECIFICAÇÕES

#### 3.1 Hardware

Para um bom funcionamento do dispositivo, foi utilizado o Raspberry Pi 3B+, que possui um processador quadcore de 64bits e até 1.4GHz de proecessamento que se destaca entre os microcontroladores. Assim, não foi necessário limitar as funcionalidades planejadas. A parte mais robusta que compõe o harware é um vidro com insulfilm. Essa mescla serve para que o vidro possua as mesmas características

físicas de um espelho bidirecional, como refletividade e transmissividade de luz. Dessa forma, os usuários podem se enxergar e, também, observar a interface interativa que compõe o espelho inteligente e está sendo exibida em um monitor. Os dois, em conjunto, trazem a experiência de um espelho tecnológico. Para a interação do usuário funcionar adequadamente, implementamos uma moldura touch, uma câmera e um microfone. Com eles, é possível navegar pela interface, se comunicar com a assistente virtual e desbloquear a tela por meio de reconhecimento facial. Dentro da interface do dispositivo, temos a opção de consultar a temperatura e a umidade interna do ambiente, e, para isso, adicionamos o sensor DHT11. O sensor DHT11 é ideal para a integração com o Raspberry Pi 3B+, pois possui um circuito de montagem bastante simplificado e é confiável para medições de temperatura na faixa de 0 a 50°C e de umidade relativa do ar entre 20% a 90%. Além disso, adicionamos o HC-SR501 para detectar movimento, já que a interface só vai ser apresentada quando alguém estiver na frente do espelho. Este sensor é um dos mais confiáveis do mercado, com nível de saída de 3.3V, possui uma regulagem para ajustarmos sua distância máxima que varia entre 3 a 7 metros.



Figura 2. Raspberry Pi 3 Modelo B+

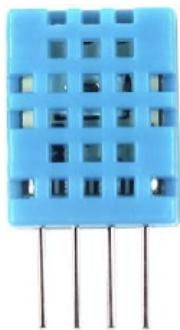


Figura 3. Sensor DHT11

### 3.2 Circuito

O circuito é composto pelo DHT11 que necessita de um resistor para o funcionamento correto e um HC SR501 que é conectado diretamente nos pinos do Raspberry PI, nas figuras

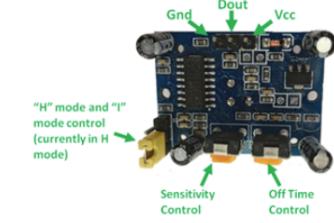


Figura 4. Sensor PIR HC-SR501 Circuito

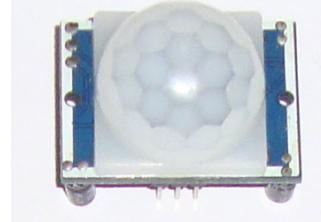


Figura 5. Sensor PIR HC-SR501

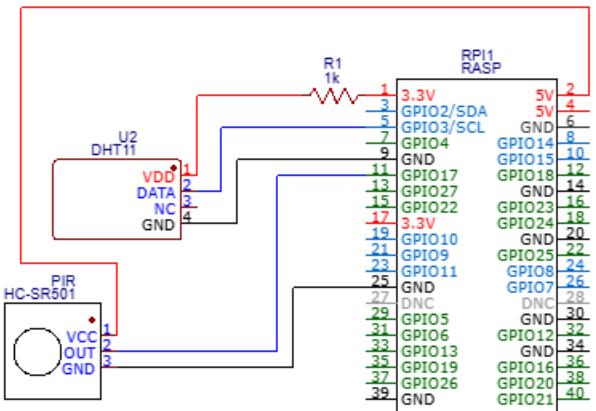


Figura 6. Esquema do Circuito

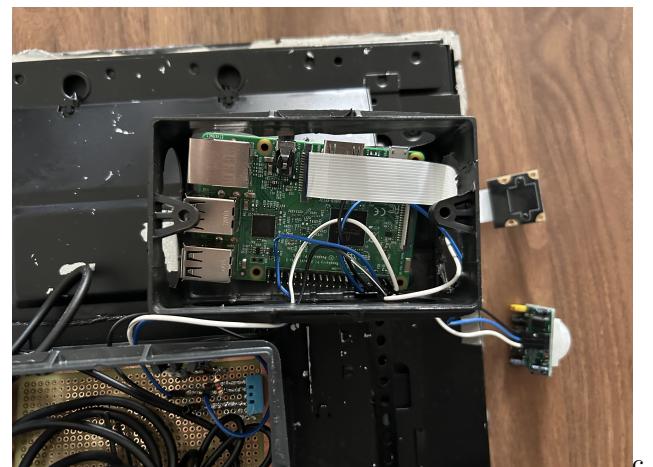


Figura 7. Circuito em funcionamento

### 3.3 Acabamento

No planejamento foi concebida a modelagem usando como base os materiais disponíveis para construir o projeto. Na fase de desenvolvimento foi possível entregar um acabamento semelhante ao idealizado.

### 3.4 Circuito

O circuito é composto pelo DHT11 que necessita de um resistor para o funcionamento correto e um HC SR501 que é conectado diretamente nos pinos do Raspberry PI, nas figuras



Figura 8. Modelagem do Espelho Inteligente



Figura 9. Espelho Inteligente

### 3.5 Software

A interface do Espelho Inteligente foi projetada para ser simples e intuitiva, com o intuito de reservar o maior espaço para servir como espelho, exibindo o reflexo do usuário. Para o desenvolvimento da interface (front-end), utilizamos ferramentas como HTML, JavaScript e CSS. O servidor (back-end) foi produzido utilizando Python3.11, o que possibilitou requisitar dados que são apresentados ao usuário durante a utilização do dispositivo, como uma fonte atualizada do mercado de ações (InfoMoney), notícias em tempo real (NewsApi), placares de jogos de futebol do dia (CNNBrasil) e uma API que traz do devocional diário (BibliaOn). Como se trata de uma aplicação de baixa escalabilidade e com poucos dados fornecidos pelos usuários, optamos por utilizar o banco de dados SQLite, devido a sua correspondência às nossas necessidades. Além disso, o Espelho conta com uma camada de segurança necessária para manter suas configurações salvas. Com isso, o projeto conta com um algoritmo que identifica a face do usuário, o que permite que, ao utilizar o dispositivo, cada usuário tenha sua interface personalizada e salva dentro de um banco de dados. É importante pontuar que, para

seu funcionamento, o dispositivo deve estar conectado à internet.



Figura 10. Interface do Espelho Inteligente

### 3.6 Assistente Virtual

Zoye, como é chamada a Assistente Virtual do projeto, foi desenvolvida utilizando a API da OpenAI, com ela é possível especificar o comportamento necessário para torná-la o mais original possível, sendo assim foi configurada toda sua personalidade e contexto. A implementação dela torna possível fazer pesquisas com comando de voz, e até mesmo conversar caso desejado.

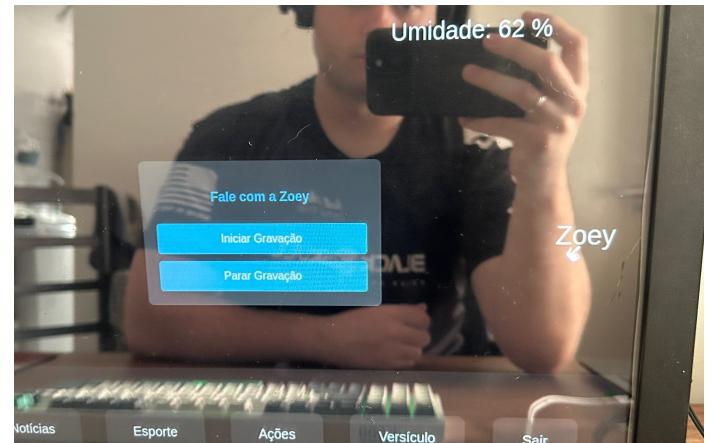


Figura 11. Zoye

### 3.7 Reconhecimento Facial

O projeto foi pensado para trazer uma experiência customizada para cada usuário, trazendo um perfil que carrega consigo uma interface com os widgets determinados na configuração, com isso em mente foi necessário implementar uma autenticação para a requisição do perfil do usuário, a forma que conduzimos a ideia foi baseada no trabalho Sayem and Chowdhury (2018) que utilizou um Raspberry Pi 3 B+ e uma câmera específica para esse hardware, e desenvolveu o algoritmo com a biblioteca OpenCV para o processamento das imagens e reconhecimento facial, o dispositivo segue o seguinte passo a passo para cadastrar uma face e reconhece-lá, primeiro faz a captura de imagens e salva em um arquivo de dados, após isso ele faz o

pré-processamento dela visando melhorar sua qualidade e permitindo um reconhecimento eficiente, com as imagens tratadas o algoritmo inicia o treinamento, onde a própria biblioteca OpenCV faz os ajustes para o funcionamento correto da funcionalidade. O modelo utilizado para o reconhecimento facial é o LBPH (*Local Binary Patterns Histograms*), que divide a imagem do rosto em pequenas regiões e agrupa seus padrões em um histograma, representando a distribuição desses padrões. Para o login do usuário, a câmera utiliza o mesmo algoritmo para realizar o reconhecimento, comparando o rosto detectado com os histogramas armazenados no banco. Caso a semelhança atinja uma acurácia superior a 60%, o usuário tem permissão para utilizar o sistema. Vale ressaltar que, para o funcionamento do sistema, o dispositivo precisa estar conectado à internet.



Figura 12. Reconhecimento Facial



Figura 13. Câmera utilizada

### 3.8 Reconhecimento de Voz

O reconhecimento de voz desenvolvido foi planejado para trabalhar em conjunto com a assistente virtual trazendo uma maneira eficiente de interação com o dispositivo. Dentro da interface do Espelho Inteligente é possível encontrar um botão para iniciar a gravação de voz do usuário, após gravado o arquivo de áudio é encaminhado para um algoritmo que transcreve o áudio para um arquivo de texto que é processado pela assistente virtual gerando assim uma resposta para o usuário. Para atingir tal feito, utilizamos a API do ChatGPT e trabalhamos com o modelo gpt4-o-mini, devido ao seu baixo custo e otimização para resolver problemas de baixa complexidade e em alta performance.

Vale ressaltar que este modelo da OpenAI de assistente via API ainda encontra-se em fases de desenvolvimento.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Planejamento

Para o bom funcionamento de um projeto robusto que faz a integração de hardware e software é necessário um bom planejamento, primeiro decidindo quais funcionalidades necessárias para entregar uma boa experiência para o usuário. Com as funcionalidades em mãos foi possível passar para o próximo passo, buscar as ferramentas ideais, aquelas que tanto facilitariam o desenvolvimento quanto entregariam boa performance para o produto final.

### 4.2 Produção

A produção se iniciou com a busca das principais peças de hardware para o desenvolvimento do projeto, foi testado quatro componentes iniciais que foram integrados, o vidro com insufilm, o monitor, o Raspberry Pi e a moldura touch. Com esses componentes funcionando da forma esperada a parte de software começou a ser desenvolvida em um ambiente isolado para depois ser integrada diretamente no Espelho Inteligente. Para funcionar da maneira planejada foi feito um esboço do fluxograma de uso, o qual foi usado de modelo para o desenvolvimento do software que em conjunto com hardware deveriam trabalhar de forma a atingir os objetivos planejados.

### 4.3 Integração

Após tanto o hardware quanto o software chegarem na fase final de desenvolvimento foi feita a integração dos dois, como nesse momento toda parte de software havia funcionado na câmera e microfone do notebook que foi utilizado para o desenvolvimento, foi necessário entrar em uma etapa de testes com os equipamentos do Espelho Inteligente.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Reflexo

O resultado esperado era de uma superfície espelhada com aproximadamente 50% de reflexão, característica de espelhos de duas vias, para funcionar como combinação semelhante ao espelho de duas vias foi utilizado um vidro com insufilm aplicado, porém não obtivemos uma superfície reflexiva que desejávamos.

### 5.2 Reconhecimento Facial

O reconhecimento facial desenvolvido se provou ter solidez e eficiência para reconhecer usuários, o algoritmo classifica se é realmente o usuário que está tentando acessar ao reconhecer que ele possui 60% de semelhança com as imagens no banco de dados. No teste prático não foi encontrada nenhuma brecha em que um usuário obteve sucesso ao tentar acessar o perfil de outro usuário no dispositivo.

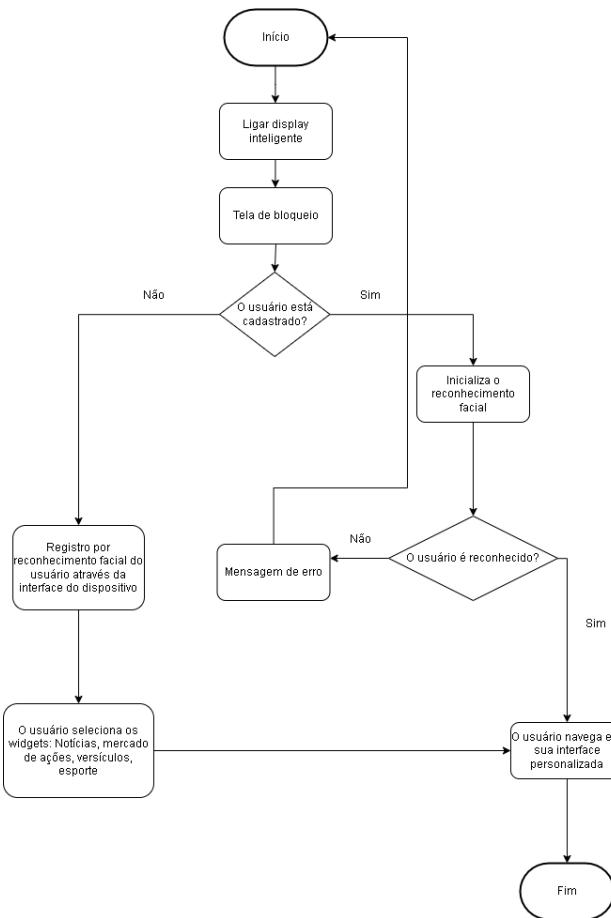


Figura 14. Fluxograma de uso

### 5.3 Assistente Virtual

Utilizando o tempo de resposta do ChatGPT como parâmetro e um teste de uso na prática, obtivemos um resultado satisfatório. Para isso, foi necessário configurar a API; optamos por diminuir o número de tokens da resposta para obter uma interação mais dinâmica entre o usuário e o dispositivo.

### 5.4 Sensores

O sensor HC SR501, sensor de movimento, teve o resultado esperado; sempre que um possível usuário passar na frente do dispositivo, ele faz com que acione a tela. Mas o sensor de umidade e temperatura DHT11 não funcionou organicamente, sendo necessário adaptar o algoritmo para continuar tentando fazer a leitura até conseguir retornar algum dado. Isso porque, ao testar o sensor, ele não retornava os dados esperados sempre que solicitado.

### 5.5 Software

Durante o processo de desenvolvimento, o software precisou ser alterado e adaptado para contornar erros, principalmente de requisição de dados fornecidos pelos sensores. O caminho tomado foi o de sempre tentar diminuir o tempo de processamento para disponibilizar os dados para o usuário. A melhor estratégia que estava em nosso alcance foi a de utilizar bibliotecas que possuem performances

melhores, como no caso da FastAPI, que se sobressaiu em comparação ao Flask na pesquisa da Cloud (2024).

## 6. CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver um dispositivo com todas funcionalidades planejadas, além disso o acabamento e hardware ficaram semelhantes a modelagem. Infelizmente não é um projeto de baixo custo devido a todo processamento necessário para rodar a aplicação web e seus requisitos, para uma durabilidade melhor do Espelho Inteligente deve ser feito um acabamento na parte traseira do dispositivo, e também a utilização de um espelho de duas vias no lugar da composição do vidro com insuflim. Por fim podemos concluir que mesmo com a falta do espelho de duas vias e um acabamento melhor o projeto entregou todas as funcionalidades planejadas para possibilitar o uso esperado.

## REFERÊNCIAS

- Cloud, I. (2024). Fastapi vs flask: what's better for app development? URL <https://www.imaginarycloud.com/blog/flask-vs-fastapi#:~:text=FastAPI%20surpasses%20Flask%20in%20terms,code%20by%20declaring%20the%20endpoints>.
- Dambre, S., Shaikh, D., Shinde, K., and Patil, K. (????). Smart mirror-assistant for smart life.
- Guderian, C.C. (2019). Identifying emerging technologies with smart patent indicators: The example of smart houses. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 16(02), 1950040. doi:10.1142/S0219877019500408. URL <https://doi.org/10.1142/S0219877019500408>.
- Sayem, I.M. and Chowdhury, M.S. (2018). Integrating face recognition security system with the internet of things. In *2018 International Conference on Machine Learning and Data Engineering (iCMLDE)*, 14–18. doi: 10.1109/iCMLDE.2018.00013.
- Yusri, M.M., Kasim, S., Hassan, R., Abdullah, Z., Ruslai, H., Jahidin, K., and Arshad, M.S. (2017). Smart mirror for smart life. In *2017 6th ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC)*, 1–5. IEEE.